

【発明の名称】 ボンディング装置及びボンディング外観検査装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた平行平板通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディングを行うボンディング装置において、

平行平板通過光路は、

ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた屈折率と厚みを有する平行平板にボンディング対象からの光線を2回通過させて2次元画像センサに導き、平行平板を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とするボンディング装置。

【請求項2】 請求項1に記載のボンディング装置において、

平行平板通過光路には、平行平板の一方の面より入射して平行平板を通過した光線に対し光軸に垂直な面で鏡映操作を行って、平行平板の他方の面に入射させる鏡映操作光学素子が設けられ、平行平板の他方の面から入射して平行平板を再度通過した光線が2次元画像センサに導かれることを特徴とするボンディング装置。

【請求項3】 請求項1に記載のボンディング装置において、

平行平板通過光路には、平行平板の一方の面より入射して平行平板を通過した光線に対し光軸周りに180度回転操作を行って、平行平板の一方の面に再度入射させる回転操作光学素子が設けられ、平行平板を再度通過した光線が2次元画像センサに導かれることを特徴とするボンディング装置。

【請求項4】 請求項1に記載のボンディング装置において、光学測定器の光学系が物体側テレセントリック光学系であるときは、平行平板通過光路は、ボンディング対象から結像レンズに向かう光路の途中に設けられることを特徴とするボンディング装置。

【請求項5】 請求項1に記載のボンディング装置において、

光路長可変量をそれぞれ異ならせた複数の平行平板を1組とする平行平板セットと、

平行平板セットの中から1枚以上の平行平板を選択して平行平板通過光路中に配置する平行平板選択配置手段と、

を備えることを特徴とするボンディング装置。

【請求項6】 請求項5に記載のボンディング装置において、

平行平板セットは、各平行平板の間における光路長可変量の比が2であることを特徴とするボンディング装置。

【請求項7】 結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディングを行うボンディング装置において、

光路長変更素子通過光路は、

2個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される平行反射鏡であって、平行反射鏡の全体を光軸に垂直な回転軸周りに回転することで、平行反射鏡を通過する光線の光路長を可変する平行反射鏡を光路長変更素子として含み、

ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じて通過光線の光路長を可変する平行反射鏡に、ボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、平行反射鏡を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とするボンディング装置。

【請求項8】 結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディングを行うボンディング装置において、

光路長変更素子通過光路は、

4個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される4反射面反射鏡であ

って、4反射面反射鏡全体を光路に挿入することで、挿入しない場合に対し4反射面反射鏡内の光路長分の光路長を変化させる4反射面反射鏡を光路長変更素子として含み、

ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた光路長を有する4反射面反射鏡に、ボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、4反射面反射鏡を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とするボンディング装置。

【請求項9】 請求項7または請求項8に記載のボンディング装置において

光路長変更素子通過光路には、光路長変更素子の一方側より入射して光路長変更素子を通過した光線に対し光軸に垂直な面で鏡映操作を行って、光路長変更素子の他方側に入射させる鏡映操作光学素子が設けられ、光路長変更素子の他方側から入射して光路長変更素子を再度通過した光線が2次元画像センサに導かれることを特徴とするボンディング装置。

【請求項10】 請求項7または請求項8に記載のボンディング装置において、

光路長変更素子通過光路には、光路長変更素子の一方の面より入射して光路長変更素子を通過した光線に対し光軸周りに180度回転操作を行って、光路長変更素子の一方の面に再度入射させる回転操作光学素子が設けられ、光路長変更素子を再度通過した光線が2次元画像センサに導かれることを特徴とするボンディング装置。

【請求項11】 請求項7または請求項8に記載のボンディング装置において、光学測定器の光学系が物体側テレセントリック光学系であるときは、光路長変更素子通過光路は、ボンディング対象から結像レンズに向かう光路の途中に設けられることを特徴とするボンディング装置。

【請求項12】 請求項8に記載のボンディング装置において、

4反射面反射鏡は、

第1の反射面と第2の反射面が270度の角度を有して配置される直角外側反

射鏡と、

第3の反射面と第4の反射面が90度の角度を有して配置される直角内側反射鏡と、

を有し、第1の反射面と第3の反射面とを対向させ、第2の反射面と第4の反射面とを対向させ、対向する各反射面を所定の間隔で平行に配置される4反射面反射鏡であることを特徴とするボンディング装置。

【請求項13】 請求項2または請求項9に記載のボンディング装置において、

鏡映操作光学素子は、反射鏡であることを特徴とするボンディング装置。

【請求項14】 請求項2または請求項9に記載のボンディング装置において、

鏡映操作光学素子は、5角プリズムと3角プリズムとを組み合わせた光学素子であることを特徴とするボンディング装置。

【請求項15】 請求項3または請求項10に記載のボンディング装置において、

回転操作光学素子は、入射光線を2度反射する第1プリズムと、第1プリズムからの光線を2度反射する第2プリズムとを含んで構成されることを特徴とするボンディング装置。

【請求項16】 結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた平行平板通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディング外観検査を行うボンディング外観検査装置において、

平行平板通過光路は、

ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた屈折率と厚みを有する平行平板にボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、平行平板を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とするボンディング外観検査装置。

【請求項17】 結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディング外観検査を行うボンディング外観検査装置において、

光路長変更素子通過光路は、

2個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される平行反射鏡であって、平行反射鏡の全体を光軸に垂直な回転軸周りに回転することで、平行反射鏡を通過する光線の光路長を可変する平行反射鏡を光路長変更素子として含み、

ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じて通過光線の光路長を可変する平行反射鏡に、ボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、平行反射鏡を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とするボンディング外観検査装置。

【請求項18】 結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディング外観検査を行うボンディング外観検査装置において、

光路長変更素子通過光路は、

4個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される4反射面反射鏡であって、4反射面反射鏡全体を光路に挿入することで、挿入しない場合に対し4反射面反射鏡内の光路長分の光路長を変化させる4反射面反射鏡を光路長変更素子として含み、

ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた光路長を有する4反射面反射鏡に、ボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、4反射面反射鏡を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とするボンディング外観検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ボンディング装置及びボンディング外観検査装置に係り、特に複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変する光学測定器を用いてボンディングを行うボンディング装置及びボンディング対象を検査するボンディング外観検査装置に関する。

### 【0002】

#### 【従来の技術】

基板にチップを位置決めしてダイボンディングするダイボンダーや、基板のリードとチップのパッドとの間をワイヤで接続するワイヤボンダー等のボンディング装置では、基板やチップ、リードやパッド等の位置関係を位置検出カメラ等によって測定し、位置決めを行いつつボンディング作業が行われる。

### 【0003】

基板とチップ、リードとパッドの間には高さの差があるので、位置検出カメラにおいては、測定する対象の高さに合わせて合焦点位置を調整する必要がある場合がある。光路中に適当な厚みと屈折率を有する平行平板を挿入することで光学系の合焦点位置を可変することが知られているが、その原理を用いて、特許文献1には立体形状測定器が、特許文献2には三次元撮像装置が、特許文献3にはカメラが、特許文献4には顕微鏡がそれぞれ開示されている。

### 【0004】

#### 【特許文献1】

特開平9-126739号公報

#### 【特許文献2】

特開平8-304043号公報

#### 【特許文献3】

特開平5-88091号公報

#### 【特許文献4】

特開平5-292379号公報

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

近年、LSI等の半導体装置の微細化に伴い、ボンディング装置において位置決めの高精度化が要求されてきている。例えば、複数のチップを高密度にダイボンディングするために基板とチップとの間の位置決めがより細くなり、また、リードやパッドのファインピッチ化に対応するためにリードとパッドとの間の位置決めがより正確に行うことが要求される。

#### 【0006】

また、チップの上にさらにチップを積み上げてダイボンディングやワイヤボンディングを行ういわゆるスタックド素子が開発され、焦点を合わすべきボンディング対象の高さの差も大きくなる傾向にあり、正確な位置決めのために合焦点位置の可変範囲を広くすることの必要性が増してきている。

#### 【0007】

また、ボンディング対象について、ボンディング前後において外観検査を行う場合にも、正確な位置決めが行われているか等の検査のために、合焦点位置の可変範囲を広くすることの要求が強くなってきている。

#### 【0008】

このように高さの差が大きくなり、位置決め精度が細くなると、平行平板を光路中に挿入して光路長を可変する従来技術では十分な精度の測定ができない。その様子を図14に示す。図14(a)は、光軸10と平行平板12の平行面法線が正確に平行になるように、平行平板12が光路中に置かれた場合で、(b)は、平行平板12の平行面法線が光軸10に対してやや傾斜して平行平板12が光路中に置かれた場合を示す。(a)において、仮に平行平板が光路中に置かれないときの光線14が光軸10上の点16で合焦したとすると、平行平板12を光路中に置くと、平行平板12の厚みと屈折率に従って光線14の合焦点位置が光軸上でシフトし点18に移動する。すなわち、光学系の光路長が伸びて、合焦点位置が変化する。

#### 【0009】

図14(b)のように平行平板12が光軸10に対し傾いて設定されると、光

線14の合焦点位置は光軸10の上に来ず、光軸10に垂直な面内で光軸10から乖離した点20になる。つまり、光線14の合焦点位置は、平行平板が正確に光軸10に垂直に置かれたときの点18から $\Delta L$ 離れた点20にずれることになる。

#### 【0010】

位置検出カメラにおいてボンディング対象の像を検出するのはCCD (Charge Coupled Device) のような2次元撮像素子であるので、光軸10に垂直な面内における合焦点位置のずれは、2次元平面における像のずれとなる。したがって、リードやパッド等の像が撮像面内でずれることになるので、リードやパッド等の位置を正確に検出できない。

#### 【0011】

本発明の目的は、かかる従来技術の課題を解決し、合焦点位置を変える際に生ずる像ずれを防ぐことができる光学測定器を備えるボンディング装置及びボンディング外観検査装置を提供することである。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

##### 1. 本発明の原理

本発明は、平行平板が光軸に対し正確に垂直に置かれなときの像ずれのメカニズムを解析した結果、一定の条件の下で平行平板を2度通過させた光線を用いることで、光線が平行平板を1度通過する際に生ずる像ずれを相殺できることを見出したことに基づく。

#### 【0013】

図1は、光軸10に対し平行平板12の平行面法線が角度 $\alpha$ だけ傾いたときの光線14の進む様子を示す図である。図では、平行平板12の一方の面に光軸10上の点32において入射する光線14が示されている。光軸10を基準にして、光線14が平行平板12に入射するときの角度を $\theta$ 、平行平板12に入射後の角度を $\beta$ とする。空気の屈折率を $N$ 、平行平板12の屈折率を $N'$ とし、平行平板の厚みを $d$ とすると、屈折の法則により、

#### 【数1】



$$N(\theta + \alpha) = N'(\beta + \alpha) \quad (1)$$

【数2】

$$\beta = \{N(\theta + \alpha) / N'\} - \alpha \quad (2)$$

となる。

【0014】

但し、角度 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\theta$ は、近似的に $\sin \alpha = \alpha$ 、 $\sin \beta = \beta$ 、 $\sin \theta = \theta$ とおける範囲であるとしている。この近似が適用される範囲としては、例えば $\sin \alpha$ がおよそ0.1以下の範囲である。このような近似が行われる範囲に適用制限を行う理由は、平行平板はこの近似を超える範囲では球面収差や非点収差等を発生させるからである。収差を発生させない光路長変更素子、例えば後に述べる平行反射鏡や4反射面反射鏡においては、この制限なしで用いてもよい。

【0015】

光線14が平行平板12の厚み $d$ を通過するときの光軸10を基準とした高さの変化 $L$ は、光線14が平行平板12を出る点34の光軸10からの距離であるので、

【数3】

$$L = \beta d = [\{N(\theta + \alpha) / N'\} - \alpha] d \quad (3)$$

となる。この中で平行平板12の傾き角度 $\alpha$ の成分を $\Delta L$ とすると、

【数4】

$$\Delta L = [\{N\alpha / N'\} - \alpha] d \quad (4)$$

であることがわかる。

【0016】

式(4)の結果から、傾き角度 $-\alpha$ のときにおける光線の高さ変化成分 $\Delta L'$ は、

【数5】

$$\Delta L' = [-\{N\alpha / N'\} + \alpha] d \quad (5)$$

となり、 $\Delta L' = -\Delta L$ である。つまり、図2のように、傾き角度 $\alpha$ の平行平板36を通過した光線を、再度傾き角度 $-\alpha$ の平行平板38を通過させると、式(3)より、平行平板36の厚みを通過するときの光線の高さ変化 $L_1$ は、

【数6】

$$L_1 = \beta d = [ \{ N (\theta + \alpha) / N' \} - \alpha ] d \quad (6)$$

平行平板38の厚みを通過するときの光線の高さ変化 $L_2$ は、

【数7】

$$L_2 = \beta d = [ \{ N (\theta - \alpha) / N' \} + \alpha ] d \quad (7)$$

となり、光線14を平行平板36と平行平板38とを通過させることで

【数8】

$$L_1 + L_2 = 2 \{ N \theta / N' \} d \quad (8)$$

となって、平行平板の傾き角度による光線の高さ方向のずれ、すなわち像ずれを相殺できる。

【0017】

1枚の平行平板に対して $\Delta L' = -\Delta L$ とするには、一定の条件の下でその1枚の平行平板に2度光線を通過させればよい。その条件は、式(1)から式(8)への計算過程で理解できるように、以下の3つにまとめることができる。

(a) 傾き角度 $\alpha$ は、近似的に $\sin \alpha = \alpha$ とおける範囲の小さい角度であること。上記のように、この条件は平行平板のときに適用される。

(b) 一度目の入射の際における傾き角度を $\alpha$ とすれば、2度目の入射の際における傾き角度を $-\alpha$ となるようにすること。

(c) 平行平板に2度光線を通過させるあいだに、いわゆるパワーを有する光学素子を光線が通過しないこと。ここでパワーとは、焦点距離 $f$ の逆数である屈折力のことで、パワーを有する光学素子とは、光軸に対する光線の角度を変えることができる素子のことで、代表的にはレンズである。(c)の条件を求める理由は、1度目の平行平板通過時に生じた像ずれを打ち消さないまま、パワーを有する光学素子を通過すると、補正が困難な像の変形が生ずるからである。

【0018】

したがって、撮像カメラ等の光学系の内部においても条件(a)から(c)を満たせば、本発明の原理を実現できる。但し、撮像カメラ等の光学系が物体側テレセントリック光学系のときは、物体側に一番近いレンズの外側、つまり、レンズ系の外側に平行平板を配置することが好ましい。つまり、物体側テレセントリ

ック光学系とは、物体側の主光線（絞りの位置で光軸に交わる光線）が光軸に対しほぼ平行になる光学系であり、物体側の主光線に対し平行平板を配置することが上記の3つの条件を理想的に満たすことができるからである。

#### 【0019】

条件（a）から（c）を満たして、光路中に図らずも傾いて配置された1枚の平行平板に対し $\Delta L' = -\Delta L$ として、傾き配置による像ずれを相殺するには以下の2つの方法をとることができる。

#### 【0020】

第1の方法は、平行平板を通過した光線に対し光軸に垂直な面で鏡映操作を行い、平行平板の裏側（つまり光線が出てきた側）から再度入射することである。例えば、平行平板の裏側に光軸に垂直に反射面がくるように反射鏡を設ける。この場合は、平行平板の裏側から入射するので、平行平板の傾き角度がちょうど $\alpha$ になるからである。

#### 【0021】

なお、鏡映または鏡映操作とは、点Pと面aとが与えられたとき、Pからaに垂線POを下し、その延長上でPOの長さと等しい長さPO'となる条件を満たす点P'を得る操作をいう。P'はaに平面鏡がある場合のPの鏡像に相当し、一般にaに関する鏡像という。具体的な例としては、光軸に垂直に置かれた反射鏡に光線を入射すると、反射光は、入射光に対し鏡映操作された光線である。

#### 【0022】

鏡映操作を行うには、反射鏡による1回の反射の他、例えば5角プリズムと3角プリズムを用いて3回の反射による光を用いてもよい。一般的には、奇数回反射した光を用いることができる。

#### 【0023】

第2の方法は、平行平板を通過した光線を、光軸周りに180度回転させ、その回転させた光線を、平行平板の表側（つまり最初に光線が入射した側）から再度入射することである。この場合も、光軸周りに180度回転させた光線を入射するということは、光線をそのままにして平行平板を光軸周りに180度回転させたことと等価である。図2において平行平板36を光軸周りに180度回転さ

せると、ちょうど平行平板38と光軸10との関係と同じになる。したがってこの場合も一度目の入射の際における傾き角度を $\alpha$ とすれば、2度目の入射の際における傾き角度を $-\alpha$ となることに相当する。

#### 【0024】

光線を光軸周りに180度回転させるには、2個の直角プリズムを用い、その配置を適切に設定することで行うことができる。例えば、光軸をZ軸として、第1プリズムでX軸周りに像を表裏ひっくり返し、その像をさらに第2プリズムでY軸周りに表裏ひっくり返すことで、元の像をZ軸周りに180度回転させることができる。

#### 【0025】

このようにして、1枚の平行平板が光軸に対し傾いて挿入されても、一定の条件の下で平行平板を2度通過させた光線を用いることで、光線が平行平板を1度通過する際に生ずる像ずれを相殺できる。以上の方法は、平行平板以外の光路長を可変する光学素子においても適用できる。すなわち、その光学素子が光軸に対し角度 $\alpha$ だけ傾いて挿入されても、一度目の入射の際における傾き角度を $\alpha$ とすれば、2度目の入射の際における傾き角度を $-\alpha$ となるようにその光学素子に2度光線を通過させることで、光線がその光学素子を1度通過する際に生ずる像ずれを相殺できる。なお、上記のように、平行平板を用いた原理の説明で行った近似のための適用制限は、平行平板によって生ずる収差を防ぐためのものであり、光路長のみを変化させ収差を発生させない光路長変更素子については、この近似のための適用制限は必要がない。

#### 【0026】

### 2. 課題解決手段

本発明に係るボンディング装置において、結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた平行平板通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディングを行うボンディング装置において、平行平板通過光路は、ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた屈折率と厚みを

有する平行平板にボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、平行平板を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とする。

#### 【0027】

上記構成により、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に平行平板を配置し、平行平板にボンディング対象からの光線を2度通過させる。したがって、合焦点位置を可変するための平行平板の配置が意図せずに斜めになったときに生ずる像ずれを自動的に相殺することができ、複数の高さを持つボンディング対象に対し精度のよい位置決めの下でボンディングを行うことができる。

#### 【0028】

なお、2度通過を複数回繰り返し、平行平板にボンディング対象からの光線を偶数回、例えば $N$ を1以上の自然数として、 $2N$ 回通過させることでもよい。このときは、平行平板を $(2N-1)$ 回通過した光線に対して生ずる像ずれを、平行平板の $2N$ 回目の通過により自動的に相殺することができる。そして、1枚の平行平板であっても、繰り返しの回数 $N$ を可変することで、光学系の光路長を可変でき、また、繰り返しの回数 $N$ を大きくすることで、光路長を可変できる範囲を広げることができる。

#### 【0029】

また、平行平板通過光路には、平行平板の一方の面より入射して平行平板を通過した光線に対し光軸に垂直な面で鏡映操作を行って、平行平板の他方の面に入射させる鏡映操作光学素子が設けられ、平行平板の他方の面から入射して平行平板を再度通過した光線が2次元画像センサに導かれることが好ましい。

#### 【0030】

上記構成によって、本発明の原理で説明した第1の方法を用いて、平行平板にボンディング対象からの光線を2度通過させて、平行平板を通過したことで生ずる像ずれを相殺することができる。

#### 【0031】

また、平行平板通過光路には、平行平板の一方の面より入射して平行平板を通

過した光線に対し光軸周りに180度回転操作を行って、平行平板の一方の面に再度入射させる回転操作光学素子が設けられ、平行平板を再度通過した光線が2次元画像センサに導かれることが好ましい。

#### 【0032】

上記構成によって、本発明の原理で説明した第2の方法を用いて、平行平板にボンディング対象からの光線を2度通過させて、平行平板を通過したことで生ずる像ずれを相殺することができる。

#### 【0033】

また、本発明に係るボンディング装置において、光学測定器の光学系が物体側テレセントリック光学系であるときは、平行平板通過光路は、ボンディング対象から結像レンズに向かう光路の途中に設けられることが好ましい。

#### 【0034】

また、本発明に係るボンディング装置において、光路長可変量をそれぞれ異ならせた複数の平行平板を1組とする平行平板セットと、平行平板セットの中から1枚以上の平行平板を選択して平行平板通過光路中に配置する平行平板選択配置手段と、を備えることが好ましい。

#### 【0035】

上記構成により、平行平板セットの中から光路長可変量の異なる平行平板を選択し組み合わせて、所望の光路長可変量の平行平板組み合わせにし、その組み合わせた平行平板の組を同時に平行平板通過光路中に配置することができる。したがって、ボンディング対象の多種の高さに対し、少ない種類の平行平板で対応ができる。

#### 【0036】

また、平行平板セットは、各平行平板の間における光路長可変量の比が2であることが好ましい。上記構成により、光路長可変量を1:2:4:8:16等の比で各平行平板が揃えられる。したがって、より少ない種類の平行平板で所望の光路長可変量を得ることができる。

#### 【0037】

また、本発明に係るボンディング装置は、結像レンズと、結像レンズによるボ

ンディング対象の像を検出する２次元画像センサと、ボンディング対象から２次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディングを行うボンディング装置において、光路長変更素子通過光路は、２個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される平行反射鏡であって、平行反射鏡の全体を光軸に垂直な回転軸周りに回転することで、平行反射鏡を通過する光線の光路長を可変する平行反射鏡を光路長変更素子として含み、ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じて通過光線の光路長を可変する平行反射鏡に、ボンディング対象からの光線を２度通過させて２次元画像センサに導き、平行反射鏡を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とする。

#### 【００３８】

上記構成により、平行反射鏡を回転して合焦点位置を可変する。この回転可能な平行反射鏡をボンディング対象から２次元画像センサに向かう光路の途中に配置し、平行反射鏡にボンディング対象からの光線を２度通過させる。したがって、平行反射鏡を回転することにより生ずる像ずれを自動的に相殺することができ、複数の高さを持つボンディング対象に対し精度のよい位置決めの下でボンディングを行うことができる。

#### 【００３９】

また、本発明に係るボンディング装置は、結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する２次元画像センサと、ボンディング対象から２次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディングを行うボンディング装置において、光路長変更素子通過光路は、４個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される４反射面反射鏡であって、４反射面反射鏡全体を光路に挿入することで、挿入しない場合に対し４反射面反射鏡内の光路長分の光路長を変化させる４反射面反射鏡を光路長変更素子として含み、ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた光路長を有する４反射面反射鏡に、ボンディング対象からの光線を２度

通過させて２次元画像センサに導き、４反射面反射鏡を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とする。

#### 【００４０】

上記構成により、４反射面反射鏡の出し入れにより合焦点位置を可変する。この４反射面反射鏡をボンディング対象から２次元画像センサに向かう光路の途中に配置し、４反射面反射鏡にボンディング対象からの光線を２度通過させる。したがって、４反射面反射鏡の配置が意図せずに斜めになったときに生ずる像ずれを自動的に相殺することができ、複数の高さを持つボンディング対象に対し精度のよい位置決めの下でボンディングを行うことができる。

#### 【００４１】

また、本発明に係るボンディング装置において、光路長変更素子通過光路には、光路長変更素子の一方側より入射して光路長変更素子を通過した光線に対し光軸に垂直な面で鏡映操作を行って、光路長変更素子の他方側に入射させる鏡映操作光学素子が設けられ、光路長変更素子の他方側から入射して光路長変更素子を再度通過した光線が２次元画像センサに導かれることが好ましい。

#### 【００４２】

また、光路長変更素子通過光路には、光路長変更素子の一方の面より入射して光路長変更素子を通過した光線に対し光軸周りに１８０度回転操作を行って、光路長変更素子の一方の面に再度入射させる回転操作光学素子が設けられ、光路長変更素子を再度通過した光線が２次元画像センサに導かれることが好ましい。

#### 【００４３】

また、本発明に係るボンディング装置において、光学測定器の光学系が物体側テレセントリック光学系であるときは、光路長変更素子通過光路は、ボンディング対象から結像レンズに向かう光路の途中に設けられることが好ましい。

#### 【００４４】

また、４反射面反射鏡は、第１の反射面と第２の反射面が２７０度の角度を有して配置される直角外側反射鏡と、第３の反射面と第４の反射面が９０度の角度を有して配置される直角内側反射鏡と、を有し、第１の反射面と第３の反射面とを対向させ、第２の反射面と第４の反射面とを対向させ、対向する各反射面を所



定の間隔で平行に配置される4反射面反射鏡であることが好ましい。

【0045】

また、鏡映操作光学素子は、反射鏡であることが好ましい。また、鏡映操作光学素子は、5角プリズムと3角プリズムとを組み合わせた光学素子であることが好ましい。また、回転操作光学素子は、入射光線を2度反射する第1プリズムと、第1プリズムからの光線を2度反射する第2プリズムとを含んで構成されることが好ましい。

【0046】

また、本発明に係るボンディング外観検査装置は、結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた平行平板通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディング外観検査を行うボンディング外観検査装置において、平行平板通過光路は、ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた屈折率と厚みを有する平行平板にボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、平行平板を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とする。

【0047】

また、本発明に係るボンディング外観検査装置は、結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディング外観検査を行うボンディング外観検査装置において、光路長変更素子通過光路は、2個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される平行反射鏡であって、平行反射鏡の全体を光軸に垂直な回転軸周りに回転することで、平行反射鏡を通過する光線の光路長を可変する平行反射鏡を光路長変更素子として含み、ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じて通過光線の光路長を可変する平行反射鏡に、ボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、平行反射鏡を通過したこ

とで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とする。

#### 【0048】

また、本発明に係るボンディング外観検査装置は、結像レンズと、結像レンズによるボンディング対象の像を検出する2次元画像センサと、ボンディング対象から2次元画像センサに向かう光路の途中に設けられた光路長可変素子通過光路とを含む光学測定器を用い、複数の高さを持つボンディング対象に対し合焦点位置を可変してボンディング外観検査を行うボンディング外観検査装置において、光路長変更素子通過光路は、4個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される4反射面反射鏡であって、4反射面反射鏡全体を光路に挿入することで、挿入しない場合に対し4反射面反射鏡内の光路長分の光路長を変化させる4反射面反射鏡を光路長変更素子として含み、ボンディング対象からの光線を受け取り、ボンディング対象の高さに応じた光路長を有する4反射面反射鏡に、ボンディング対象からの光線を2度通過させて2次元画像センサに導き、4反射面反射鏡を通過したことで生ずる像ずれを相殺しつつ光学系の合焦点位置を可変する光路であることを特徴とする。

#### 【0049】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明に係る実施の形態につき詳細に説明する。以下の説明では、ボンディング装置として、スタックド素子のワイヤボンダーを例にとり、スタックド素子の位置を測定する光学測定器として結像レンズとCCDを組み合わせた撮像カメラを、平行平板の配置については、スタックド素子と結像レンズとの間、すなわち撮像カメラの外に平行平板を配置するものとする。

#### 【0050】

これ以外の構成、例えばボンディング装置としてダイボンダーでもよく、ボンディング装置以外のボンディングに用いられる装置、例えばボンディング後の半導体装置等の外観を検査するボンディング外観検査装置であってもよい。光学測定器としてCCDを含まない一般的な光学顕微鏡であってもよい。平行平板の配置についても、上記のようにパワーを有する光学素子を平行平板通過光路の中に

含まなければ撮像カメラの内部であってもよい。撮像カメラの光学系が物体側テレセントリック光学系であってもよい。

#### 【0051】

図3は、ワイヤボンダー50において、載物台60の上に保持された2階建てのチップ62、64からなるスタックド素子のパッド等の位置を、撮像カメラ70で測定する様子を示す図である。スタックド素子から出た光線66は、光路長を変更するための平行平板通過光路80を経由し、光線68として撮像カメラ70に到達する。撮像カメラ70は、結像レンズ72と、複数の撮像素子が2次元配置されたCCD74を備える。図において、チップ62、64からの光線66は、最終的には光線68として結像レンズ72に導かれ、チップ62、64の像をCCD74上に結ぶ。CCD74に2次元配置された複数の撮像素子の信号を用いて、図示されていない位置算出器によりチップ62、64の像を構成する各部分の位置、例えばパッド等の位置が求められる。

#### 【0052】

平行平板通過光路80は、その光路中にハーフミラー82と、平行平板挿入ガイド84により出し入れ可能な平行平板86と、反射鏡88とを備える。

#### 【0053】

ハーフミラー82は、光線66の光軸に45度の傾き角度で光路中に配置され、物体からの光線92の進路を90度変更する機能を有する半透過鏡である。半透過鏡とは、入射した光線のある割合分を反射し、残りは通過する光学素子で、例えばガラス板に半透過性の薄膜をコーティングしたものをを用いることができる。

#### 【0054】

平行平板86は、ハーフミラー82により進路が90度曲げられた光線94の光軸に対し垂直に配置され、その厚みと屈折率により、平行平板を通過する光線の光路長を変更する機能を有する透明な材料で構成される光学素子である。材料としては、ガラス、プラスチック等を用いることができる。

#### 【0055】

反射鏡88は、平行平板86を通過した光線96の光軸に対し垂直に配置され

、光線 96 に対し光軸に垂直な面で鏡映操作を行い、反射光 98 として再び平行平板 86 に戻す機能を有する光学素子で、片面に金属メッキ等を施したガラス板や、表面を磨いた金属板を用いることができる。

#### 【0056】

反射鏡 88 により戻された反射光 98 は、平行平板 86 の裏側から入射し、平行平板 86 を 2 度通過した光線 100 としてハーフミラー 82 に入射する。光線 100 に対しハーフミラー 82 は透過光学素子として機能し、光線 100 はハーフミラー 82 を通過して、撮像カメラ 70 へ導かれる。

#### 【0057】

したがって、平行平板通過光路 80 を通過する光線は、平行平板 86 が光路中に挿入されていない場合に比較して、平行平板 86 を 2 度通過することにより、その光路長が変更される。空気の屈折率を  $N$ 、平行平板 86 の屈折率を  $N'$  とし、光線が平行平板 86 を直進したとしてその通過する距離を  $s$  とすると、平行平板 86 を 2 度通過することにより変化する光路長変化量  $\Delta s$  は、

#### 【数 9】

$$\Delta s = 2s \{ (N/N') - 1 \} \quad (9)$$

で与えられる。チップ 62, 64 からの光線 66 は、この光路長変化量  $\Delta s$  分だけ浮き上がって見える状態の光線 68 で撮像カメラ 70 に導かれるので、撮像カメラ 70 の合焦点位置がその分遠くなったことに相当する。

#### 【0058】

また、チップ 62, 64 からの光線 66 は、平行平板 86 を 1 度通過した後、反射鏡 88 により光軸に垂直な面で鏡映操作が施され、再び平行平板 86 を通過するので、平行平板 86 が何らかの理由で光軸に対し垂直に配置されなかった場合、例えば平行平板挿入ガイド 84 におけるガタ等によって斜めに挿入された場合でも、本発明の原理においての第 1 の方法で説明したように、平行平板 86 を通過したことで生ずる像ずれを相殺することができる。

#### 【0059】

図 4 は、像ずれの相殺を模式的に説明する図である。説明のために、物体の像を  $R$  のキャラクタで示した。物体側の  $R$  からの光線 66 は、ハーフミラーを介し

た光線 9 4 となって平行平板 8 6 を通過して反射鏡に到る。平行平板 8 6 が光軸に対し正確に垂直に配置された場合の通過光線と反射鏡上の R 像を実線で示す。平行平板 8 6 が光軸に対し傾いて配置されると、通過光線及び反射鏡上の R 像は破線のように、光軸に垂直な面上でずれを生ずる。このように像ずれが生じても、その像ずれのある R 像に対し反射鏡により光軸に垂直な面で鏡映操作が施された光線 9 8 を、再び平行平板 8 6 の裏側に入射することで、光線 9 8 は、光軸に対し傾いた平行平板 8 6 をちょうど最初の通過光路を逆方向に進むことができる。したがって平行平板 8 6 を再度通過した光線 1 0 0 は元々の像 R と同じに復元され、像ずれが相殺されることになる。

#### 【0060】

図 5 は、他の平行平板通過光路 1 2 0 を用いたワイヤボンダー 5 2 を示す図である。この平行平板通過光路 1 2 0 では、ハーフミラーに代えてプリズム 1 2 2 を、反射鏡に代えて 3 回反射の光学素子 1 2 4 を用いている。3 回反射の光学素子 1 2 4 は、5 角プリズム 1 2 6 と 3 角プリズム 1 2 8 を組み合わせて構成したものをを用いることができる。図 5 において図 3 と同様の要素については同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

#### 【0061】

プリズム 1 2 2 は、その 1 つの面が物体からの光線 9 2 を入射角度 4 5 度で受け止めるように光路中に置かれる。プリズム 1 2 2 の屈折率と空気の屈折率との関係を適当に選ぶことで、入射した光線を完全反射させることができる。このように完全反射され、進路を 9 0 度変更された光線 9 5 が平行平板 8 6 に入射される。光線 1 0 1 においても進路にハーフミラーがないため、そのまま損失なく撮像カメラ 7 0 に到達する。したがって、図 3 においてハーフミラー 8 2 を用いた場合は、ハーフミラーが入射光をある分配率で反射光と透過光とに分けるため、例えば物体からの光の 2 5 % の光が撮像カメラ 7 0 に供給されるのに対し、より明るい像を得ることができる。

#### 【0062】

また、平行平板 8 6 を通過した明るい光線 9 7 は、3 回反射の光学素子 1 2 4 によって、その光軸に垂直な面で鏡映操作を受ける。鏡映操作を受けた光線 9 9

は平行平板86の裏側に入射され、再度平行平板86を通過した光線101はそのまま撮像カメラ70に導かれる。

#### 【0063】

平行平板86を1度通過した光線に対し光軸に垂直な面で鏡映操作を行うには、その光線に対し奇数回反射を行えばよい。1回反射させたいときは図3のように単純反射鏡を用いることができ、3回反射させたいときは図5のように5角プリズムと3角プリズムを組み合わせた光学素子を用いることができ、同様に他の奇数回反射についても適当な構造の光学素子を用いることができる。

#### 【0064】

図5においては、ハーフミラーの代替にプリズムを用い、反射鏡の代替に奇数回反射の光学素子を用いた場合について説明したが、ハーフミラーと奇数回反射の光学素子との組み合わせでもよい。

#### 【0065】

図6は、さらに他の平行平板通過光路140を用いたワイヤボンダー54を示す図である。図7は、平行平板通過光路140の部分を斜視図でもって模式的に示した図である。この実施形態においては、平行平板通過光路140は、その光路中に反射鏡142と、平行平板挿入ガイド84により出し入れ可能な平行平板87と、第1プリズム144と、第2プリズム146とを備える。第1プリズム144と第2プリズム146とは、平行平板87を1度通過した光線を光軸周りに180°回転させて、光線が最初に平行平板87に入射した側の面から再度入射させるために設けられる。

#### 【0066】

反射鏡142は、光線66の光軸に45度の傾き角度で光路中に配置され、物体からの光線152の進路を90度変更する機能を有する反射鏡である。平行平板87は、反射鏡142により進路が90度曲げられた光線154の光軸に対し垂直に配置され、その厚みと屈折率により光線の光路長を変更する機能を有する透明な材料からなる光学素子であることは図3の平行平板86と同様である。その形状は、図7に示すように、一部に切り欠きを有し、平行平板を通すことなく平行平板の裏側から表側に光線を戻すことができる構造を有する。

#### 【0067】

第1プリズム144は、平行平板87を通過した光線156を2度反射するプリズムで、2つの反射面の配置は、この2度反射により、図7に示すX軸周りに、像が表裏ひっくり返されるように設定される。プリズムの他に、直角反射鏡のように光線を2回反射する光学素子を用いることもできる。光線158は、平行平板87の切り欠き部分を通り、平行平板の裏側から表側に進む。

#### 【0068】

第2プリズムは、光線158を2度反射するプリズムで、2つの反射面の配置は、この2度反射により、図7に示すY軸周りに、像が表裏ひっくり返されるように設定される。プリズムの他に、直角反射鏡のように光線を2回反射する光学素子を用いることもできる。

#### 【0069】

第1プリズム144及び第2プリズム146によって光軸周りに180度回転され、平行平板87を再度通過した光線162は、撮像カメラ70へ導かれる。

#### 【0070】

したがって、平行平板通過光路140を通過する光線は、平行平板87が光路中に挿入されていない場合に比較して、平行平板87を2度通過することにより、その光路長が変更され、撮像カメラ70の合焦点位置がその分遠くなる。

#### 【0071】

また、チップ62、64からの光線66は、平行平板87を1度通過した後、その光線が光軸周りに180度回転されて再び平行平板87を通過するので、平行平板87が何らかの理由で光軸に対し垂直に配置されなかった場合でも、本発明の原理においての第2の方法で説明したように、平行平板87を通過したことで生ずる像ずれを相殺することができる。

#### 【0072】

図8は、像ずれの相殺を模式的に説明する図である。物体側のRからの光線66は、反射鏡を介した光線154となって平行平板87を通過して第1プリズムに到る。平行平板87が光軸に対し正確に垂直に配置された場合の通過光線と第1プリズムに入射するR像を実線で示す。平行平板87が光軸に対し傾いて配置

されると、通過光線及び第1プリズムに入射するR像は破線のように、光軸に垂直な面上でずれを生ずる。このように像ずれが生じて、第1プリズム及び第2プリズムによりその像ずれのあるR像についてその光軸周りに180度回転した光線160を、再び平行平板87の表側に入射すればよい。このことで、本発明の原理において第2の方法で説明したように、平行平板87を再度通過した光線160は、元々の像Rを180度回転した像の状態、像ずれが相殺されて復元される。

#### 【0073】

図9は、平行平板通過光路の光路長を変更するのに、複数の平行平板を組み合わせ、用いる様子を示す図である。この例では、4枚の平行平板200a, 200b, 200c, 200dを組み合わせ、所望の光路長可変量を得る。平行平板の組み合わせを平行平板通過光路に置くために、平行平板挿入ガイド202には、光線の通過窓204の他に、各平行平板を独立して出し入れできるスライド溝206が設けられる。

#### 【0074】

平行平板の組み合わせは、光路長可変量の異なる平行平板を複数枚用いて行ってもよく、同じ光路長可変量の平行平板を複数枚組み合わせてもよい。各平行平板の光路長可変量を $\Delta(2s)_i$ とすると、全体の光路長可変量は、 $\sum \Delta(2s)_i$ で与えられる。図9に示すように、平行平板挿入ガイド202に4枚の平行平板が出し入れ可能のときは、平行平板通過光路に平行平板を0枚から4枚の範囲で任意の枚数を配置することができる。

#### 【0075】

平行平板挿入ガイドに出し入れするための複数の平行平板をあらかじめ平行平板セットとして用意しておくことと便利である。この場合、各平行平板の光路長可変量の比を2とすることが好ましい。例えば、光路長可変量の単位をaとして、a, 2a, 4a, 8a, 16a, 32a・・・のように各平行平板の光路長可変量を作りこんでおく。このようにすることで、任意の光路長可変量を得るのに、より少ない枚数の平行平板ですむ。例えば、上記の例で4枚の平行平板が出し入れ可能な平行平板挿入ガイド202の場合に、光路長可変量がa, 2a, 4a, 8



a, 16a, 32aの6枚の平行平板を用意しておくことで、a刻みで0から63aまでの光路長可変量を得ることができる。

#### 【0076】

図10は、平行平板通過光路の光路長を変更するのに、光路長可変量の異なる複数の平行平板を1列に並べて配置して用いる様子を示す図である。平行平板並べ板210は、光路長可変量を異ならせた平行平板200a, 200b, 200c, 200d, 200e, 200fを1枚の板に1列に配置したものである。平行平板並べ板210における所望の光路長可変量を有する平行平板を平行平板通過光路に置くために、平行平板挿入ガイド212には、1個の平行平板分の光線が通過できる通過窓214と、両側に平行平板並べ板210をスライドできるスライド口が設けられる。平行平板並べ板210は、一方のスライド口から他方のスライド口に向けて挿入され、その間でスライドされることで、所望の平行平板部分をちょうど通過窓214の位置に来るように設定できる。

#### 【0077】

図11は、光学系の光路長を変更する新しい素子として、平行反射鏡300を用いたワイヤボンダー350の様子を示す図である。図3と同様の要素については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。図11においてスタックド素子から出た光線66は、光路長を変更するための平行反射鏡通過光路380を経由し、光線68として撮像カメラ70に到達する。平行反射鏡通過光路380には、回転可能な平行反射鏡300が配置される。

#### 【0078】

図11において、ハーフミラー82は、光線66の光軸に45度の傾き角度で光路中に配置され、物体からの光線392の進路を90度変更する機能を有する半透過鏡である。

#### 【0079】

平行反射鏡300は、ハーフミラー82により進路を変更された光線394を受ける位置に配置される。平行反射鏡300は、2個の反射面302, 304を対向させて所定の間隔で平行に配置される平行反射鏡で、平行反射鏡の全体を光軸に垂直な回転軸306周りに回転可能である。この構成によると、光線394

が一方の反射面302に入射する入射角度と、一方の反射面302で反射された光線396が他方の反射面304でさらに反射された光線の出射角度とは、入射角度＝出射角度の関係を維持しつつ、平行反射鏡の回転により可変することができる。

#### 【0080】

図11において、平行反射鏡の全体を回転した場合における光路長変化の様子の実線と破線とで示した。図に示すように、平行反射鏡300を回転軸306周りに回転すると、2個の反射面302、304で反射される光線の光路は、入射角度＝出射角度の関係を維持しつつ回転軸306に垂直な面で回転する。つまり、平行反射鏡300を回転軸306周りに回転することで、平行反射鏡300を通過する光線の光路長を可変することができる。但し、図11の実線と破線の場合を比較して理解できるように、平行反射鏡300を回転することで、光軸に垂直な面内で像ずれが生ずる。

#### 【0081】

反射鏡88は、平行反射鏡300を1度通過した光線398を受け止め、光軸に垂直な面で鏡映操作を施し、反射光400として再び平行反射鏡300に戻す機能を有する光学素子で、平行反射鏡300の裏側の反射面304に入射する機能を有する。反射鏡に代えて、図5で説明した5角プリズムと3角プリズムとを組み合わせた3回反射光学素子等の奇数回反射光学素子を用いてもよい。

#### 【0082】

反射鏡88により戻された反射光400は、平行反射鏡300の他方の反射面304に入射して反射され、その光線402は一方の反射面302に入射してさらに反射され、ちょうど最初に通過した光路を逆方向に進み、平行反射鏡300を2度通過した光線404としてハーフミラー82に入射する。光線404に対しハーフミラー82は透過光学素子として機能し、光線404はハーフミラー82を通過して、撮像カメラ70へ導かれる。

#### 【0083】

図12は平行反射鏡300を回転したときの光路長の変化量を求める様子を示す図である。2個の反射面の平行間隔をHとし、平行反射鏡300の回転角度を

$\theta$ とし、入射角度＝反射角度が45度のときの光路長を基準にして、回転角度 $\theta$ のときに平行反射鏡300を2度通過することによる光路長変化量 $\Delta h$ は、

【数10】

$$\Delta h = 2 \left[ \{H / \cos(45^\circ + \theta)\} - \{H \sin(2\theta) / \cos(45^\circ + \theta)\} - H / \cos 45^\circ \right] \quad (10)$$

で与えられる。チップ62、64からの光線66は、この光路長変化量 $\Delta h$ 分だけ沈んで見える状態の光線68で撮像カメラ70に導かれるので、撮像カメラ70の合焦点位置がその分近くなったことに相当する。

【0084】

また、チップ62、64からの光線66は、平行反射鏡300を1度通過した後、反射鏡88により光軸に垂直な面で鏡映操作が施され、再び平行反射鏡300を最初に通過した光路を逆方向に通過するので、元の像を復元でき、平行反射鏡300を回転することで生ずる像ずれを相殺することができる。

【0085】

図13は、光学系の光路長を変更する新しい素子として、4反射面反射鏡460を用いたワイヤボンダー450の様子を示す図である。図3、図11と同様の要素については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。図13においてスタックド素子から出た光線66は、光路長を変更するための4反射面反射鏡通過光路480を経由し、光線68として撮像カメラ70に到達する。4反射面反射鏡通過光路480には、4反射面反射鏡460が出し入れ可能な4反射面反射鏡挿入ガイド474が設けられ、その中に4反射面反射鏡460が挿入される。

【0086】

図13において、ハーフミラー82は、光線66の光軸に45度の傾き角度で光路中に配置され、物体からの光線492の進路を90度変更する機能を有する半透過鏡である。

【0087】

4反射面反射鏡460は、ハーフミラー82により進路を変更された光線494を受ける位置に配置され、4個の反射面を対向させて所定の間隔で平行に配置される4反射面反射鏡である。具体的には、直角外側反射鏡462と直角内側反

射鏡464からなり、直角外側反射鏡462は、第1の反射面466と第2の反射面468とが270度の角度を有して配置され、直角内側反射鏡464は、第3の反射面470と第4の反射面472とが90度の角度を有して配置される。そして、第1の反射面466と第3の反射面470とを対向させ、第2の反射面468と第4の反射面472とを対向させ、対向する各反射面が所定の間隔で平行に配置される。また、4反射面反射鏡460全体は、光線494が第1の反射面466に入射する入射角度を45度になるように配置される。

#### 【0088】

この構成によると、4反射面反射鏡460の第1の反射面466に入射された光線494は、第3の反射面470、第4の反射面472、第2の反射面468と順次入射角度＝反射角度＝45度の関係で反射を繰り返し、第2の反射面468から光線496として出る。ここで、4反射面反射鏡460が挿入されないと比較すると、4反射面反射鏡460を通過する光線はその分光路長が伸びる。

つまり、4反射面反射鏡460を光路から出し入れすることで光学系の光路長を変更することができる。この場合、4反射面反射鏡460全体が光軸に対し斜めに配置されると、反射面468からの光線496において光軸に垂直な面内で像ずれが生ずる。

#### 【0089】

反射鏡88は、4反射面反射鏡460を1度通過した光線496を受け止め、光軸に垂直な面で鏡映操作を施し、反射光498として再び4反射面反射鏡460に戻す機能を有する光学素子で、4反射面反射鏡460の裏側から、第2の反射面468に反射光498を入射角度45度で入射する機能を有する。反射鏡に代えて、図5で説明した5角プリズムと3角プリズムとを組み合わせた3回反射光学素子等の奇数回反射光学素子を用いてもよい。

#### 【0090】

反射鏡88により戻された反射光498は、4反射面反射鏡460の第2の反射面468、第4の反射面472、第3の反射面470、第1の反射面466と、最初の通過光線と逆向きの光路をたどって、第1の反射面466から4反射面

反射鏡４６０を２度通過した光線５００としてハーフミラー８２に入射する。光線５００に対しハーフミラー８２は透過光学素子として機能し、光線５００はハーフミラー８２を通過して、撮像カメラ７０へ導かれる。

#### 【００９１】

第１の反射面４６６と第３の反射面４７０との間の光路長を $t_1$ とすれば、第４の反射面４７２と第２の反射面４６８との間の光路長も $t_1$ であるので、４反射面反射鏡４６０を２度通過することによる光路長変化量 $\Delta t$ は、

$$\text{【数１１】 } \Delta t = 4 t_1 \quad (11)$$

で与えられる。チップ６２、６４からの光線６６は、この光路長変化量 $\Delta t$ 分だけ沈んで見える状態の光線６８で撮像カメラ７０に導かれるので、撮像カメラ７０の合焦点位置がその分近くなったことに相当する。

#### 【００９２】

また、チップ６２、６４からの光線６６は、４反射面反射鏡４６０を１度通過した後、反射鏡８８により光軸に垂直な面で鏡映操作が施されて再び４反射面反射鏡４６０を通過するので、４反射面反射鏡４６０が何らかの理由で光軸に対し斜めに配置された場合でも、本発明の原理においての第１の方法で説明したように、４反射面反射鏡４６０を通過したことで生ずる像ずれを相殺することができる。

#### 【００９３】

##### 【発明の効果】

本発明に係るボンディング装置によれば、光学測定器の合焦点位置を変える際に生ずる像ずれを防ぐことができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図１】 光軸に対し平行平板の平行面法線が角度 $\alpha$ だけ傾いたときの光線の進む様子を示す図である。

【図２】 本発明の原理を説明するため、傾き角度 $\alpha$ の平行平板を通過した光線を、再度傾き角度 $-\alpha$ の平行平板を通過させると、傾き配置による像ずれを相殺できる様子を説明する図である。

【図３】 本発明に係る実施の形態におけるワイヤボンダーにおいて、スタ

ックド素子のパッド等の位置を、撮像カメラで測定する様子を示す図である。

【図4】 図3のワイヤボンダーにおける像ずれの相殺を模式的に説明する図である。

【図5】 他の実施の形態におけるワイヤボンダーを示す図である。

【図6】 さらに他の実施の形態におけるワイヤボンダーを示す図である。

【図7】 他の実施の形態における平行平板通過光路の部分を斜視図でもって模式的に示した図である。

【図8】 図6のワイヤボンダーにおける像ずれの相殺を模式的に説明する図である。

【図9】 本発明に係る実施の形態において、複数の平行平板を組み合わせて用いる様子を示す図である。

【図10】 本発明に係る実施の形態において、光路長可変量の異なる複数の平行平板を1列に並べて配置して用いる様子を示す図である。

【図11】 他の実施の形態において、光学系の光路長を変更する新しい素子として、平行反射鏡を用いたワイヤボンダーの様子を示す図である。

【図12】 平行反射鏡を回転したときの光路長の変化量を求める様子を示す図である。

【図13】 光学系の光路長を変更する新しい素子として、4反射面反射鏡を用いたワイヤボンダーの様子を示す図である。

【図14】 平行平板を用いて光路長を可変する従来技術の問題点を説明する図である。

## 要約書

【課題】 ボンディング装置において、光学測定器の合焦点位置を変える際に生ずる像ずれを防ぐことである。

【解決手段】 ワイヤボンダー50において、載物台60の上の物体から出た光線66は、光路長を変更するための平行平板通過光路80を経由し、光線68として撮像カメラ70に到達する。平行平板通過光路80は、その光路中にハーフミラー82と、平行平板86と、平行平板86を通過した光線96の光軸に対し垂直に配置され、光線96に対し鏡映操作を施し、反射光98として再び平行平板86に戻す反射鏡88を備える。物体からの光線66は、平行平板86を1度通過した後、光軸に対し垂直な面で鏡映操作が施されて再び平行平板86を通過するので、平行平板86を通過したことで生ずる像ずれを相殺することができる。